

Bio-tilgjengelighet av fosfor i avrenningen fra Larvikittbruddene i Larvik kommune



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

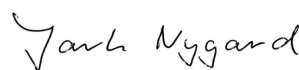
| | | |
|--|--|---|
| Tittel Biotilgjengelighet av fosfor i avrenningen fra Larvikitt-bruddene i Larvik kommune | Løpenr. (for bestilling) 5621-2008 | Dato 20.05.2008 |
| | Prosjektnr. Undernr. 26424 01 | Sider Pris 13 |
| Forfatter(e) Dag Berge og Torsten Källqvist | Fagområde Bergverk | Distribusjon Fri |
| | Geografisk område Vestfold | Trykket NIVA |
| Oppdragsgiver(e) Larvikittprodusentenes Forening (LPF) | | Oppdragsreferanse |
| <p>Sammendrag</p> <p>Algetestene viste at fosforet i avrenningen fra steinbruddsvirksomheten var lite tilgjengelig for algevekst. Av 20 prøver var maksimal tilgjengelighet 20 %. For mange av prøvene var tilgjengeligheten mindre enn 1 %. Midlere tilgjengelighet i april prøvene var 0,8 %, mens for augustprøvene var midlere tilgjengelighet 8,8 %. Tilgjengeligheten av fosforet er omtrent som i breavrenning, eller mindre. Det er derfor ikke sannsynlig at steinbruddsavrenningen kan forårsake problematisk algevekst. Tilgjengeligheten var langt lavere enn i erosjonsholdig avrenning fra landbruket, der midlere tilgjengelighet var 37 %. Det kunne se ut som om avrenningen fra Tveidalen og Malerød var noe mer tilgjengelig enn avrenningen fra Klåstad. Likeledes var tilgjengeligheten i aprilprøvene mye lavere enn i august prøvene. Selv om tilgjengeligheten av fosforet var lav, var det ingen tvil om at fosforet på partiklene kunne underholde en viss algevekst, men at 10 dagers vekstutbytte var lavt sammenliknet med andre klassiske forurensninger. Det var gjennomgående slik at i de innsjøer som var påvirket av steinbruddsavrenning, var det mest alger i de som var mest påvirket, og minst alger i de som var minst påvirket. Dette indikerer også at steinbruddsavrenningen kan bidra til en viss algevekst. De innsjøene som var mest påvirket av steinbruddsavrenning, var imidlertid også påvirket av annen næringssalttilførsel (jordbruk og sanitæravløp). Det er derfor ikke mulig å forklare algeveksten bare ut fra påvirkning fra steinbruddsavrenning. Dette vil bli vurdert nøyere i sluttrapporten fra prosjektet hvor det er med data fra en feltsesong til.</p> | | |
| Fire norske emneord | | Fire engelske emneord |
| 1. Fosfor 2. Biotilgjengelighet 3. Steinbruddsavrenning 4. Algevekst | | 1. Phosphorus 2. Bio-availability 3. Stone industry runoff 4. Algal growth |



Dag Berge
Prosjektleder



Merete J. Ulstein
Forskningsleder
ISBN 978-82-577-5356-6



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-26424

**Biotilgjengelighet av Fosfor fra Larvikittbruddene i
Larvik kommune**

NIVA, Oslo 20.05.2008

| | |
|----------------|-------------------|
| Saksbehandler: | Dag Berge |
| Medarbeider: | Torsten Källqvist |
| | Torleif Bækken |
| | Magne Martinsen |

Forord

Rapporten omhandler et algevekststudium av avrenningen fra steinbruddsvirksomheten til Larvikittprodusentene for å anslå hvor biotilgjengelig fosforet herfra er i forhold til andre forurensningskilder. Studiet er en del av en større resipientundersøkelse for alle bruddene i Tjølling og Brunlanes.

Feltarbeidet er utført av Dag Berge og Torleif Bækken, NIVA, i samarbeid med Magne Martinsen, MM Consult AS. Algetestene er utført av Torsten Källqvist, NIVA. De andre analysene er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Oppdragsgiver er Larvikittprodusentenes forening.

Oslo, 20.05 2008

Dag Berge

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| 1. Innledning | 6 |
| 2. Prøvesteder | 6 |
| 3. Metodikk | 9 |
| 4. Resultater og diskusjon | 9 |
| 4.1 Kalibrering av testen med ortofosfat. | 9 |
| 4.2 Biotilgjengeligheten til fosforet i det testede avrenningsvannet | 10 |
| 5. Litteratur | 13 |

Sammendrag

Som del av resipientundersøkelsesprogrammet for Larvikittbruddene har det blitt utført algevekstforsøk for å se i hvilken grad fosforet i avrenningen var tilgjengelig for algevekst.

Algetestene viste at fosforet i avrenningen fra steinbruddsvirksomheten var lite tilgjengelig for algevekst. Av 20 prøver var maksimal tilgjengelighet 20 %. For mange av prøvene var tilgjengeligheten mindre enn 1 %. Midlere tilgjengelighet i aprilprøvene var 0,8 %, mens i august prøvene var det 8,8 %. Tilgjengeligheten av fosforet er omtrent som i breavrenning, eller mindre. Det er derfor ikke sannsynlig at steinbruddsavrenningen kan forårsake problematisk algevekst. Tilgjengeligheten var langt lavere enn i erosjonsholdig avrenning fra jorder, der midlere tilgjengelighet bestemt med samme metodikk var 37 %. Det kunne se ut som om avrenningen fra Tveidalen og Malerød var mer tilgjengelig enn avrenningen fra Klåstad. Likeledes var tilgjengeligheten i aprilprøvene mye lavere enn i august prøvene, noe vi ikke har noen god forklaring på. Det er aprilprøvene som er lave i forhold til tidligere erfaring, med f.eks. breavrenning, mens august prøvene lå mer i det størrelsesnivået vi hadde forventet.

Selv om tilgjengeligheten av fosforet var lav, var det ingen tvil om at fosforet på partiklene kunne underholde en viss algevekst, men at 10 dagers vekstutbytte var lavt sammenliknet med andre klassiske forurensninger.

Det var imidlertid påfallende at i de innsjøer som var påvirket av steinbruddsavrenning, var det mest alger i de som var mest påvirket, og minst alger i de som var minst påvirket. Dette indikerer også at steinbruddsavrenningen kan bidra til en viss algevekst. De mest påvirkede innsjøene var imidlertid også påvirket av annen næringssalttilførsel (jordbruk og sanitærløp). Det er derfor ikke mulig å forklare algeveksten i innsjøene bare ut fra avrenning fra steinbruddsvirksomheten. Dette vil bli vurdert nærmere i sluttrapporten fra prosjektet hvor det er med data fra en feltsesong til.

1. Innledning

På side 29 (kapittel 7) i hovedprogrammet for resipientundersøkelsene for larvikittbruddene av 29.06.2006 (Berge 2006), er det beskrevet et opplegg for å undersøke biotilgjengelig fosfor i 5 utslipp og 5 påvirkede bekker. Vi gjengir beskrivelsen her.

Materialet inneholder relativt mye fosfor, og forurensningsmyndighetene er bekymret for at det kan føre til eutrofiering (gjødslingseffekter) i resipientene. Da flere av de samme resipientene også er påvirket av landbruksavrenning og kloakkvann, som begge fører til eutrofiering, vil det være fornuftig å kjøre algevekstforsøk på utslippene. Dette vil avklare i hvilken grad fosforet i utslippene er tilgjengelig for algevekst. Algevekst forsøkene vil utføres etter OECD-testopplegg.

*Det samles inn vann fra 5 avløpsstrømmer og 5 avløpsbekker. Det kjøres algevekstforsøk med algen *Selenastrum capricornutum* (som nylig fått nytt navn: *Pseudokirchneriella subcapitata*) for utslippene til både ferskvann og saltvann. Dette fordi utslippene allerede er blandet opp i ferskvann når de kommer til resipienten. Resultatene hadde blitt omtrent de samme om man hadde benyttet en saltvannsalge som testalge (gjelder utslippene til Viksfjord og Mørjefjorden).*

Man kjører da testene med en konsentrasjon som man får i de nære områder der vannet når ut i resipienten, for eksempel ca 20 µg P/l. Man fortynner prøvene til de har ønsket konsentrasjon, setter til all annen næring i overskudd, og dyrker algene på ristebord (slik at ingen alger får sedimentere) ved lysmetning. Det som begrenser algeveksten er da mengden algetilgjengelig fosfor i prøven. Resultatet sammenliknes med den algemengden vi får med å bruke tilsvarende konsentrasjon av 100 % biotilgjengelig ortofosfat.

Disse forsøkene kjøres 2 ganger i ca 10 dager, vår 2007 og sommer 2007. De rapporteres i egen rapport på nyåret 2008.

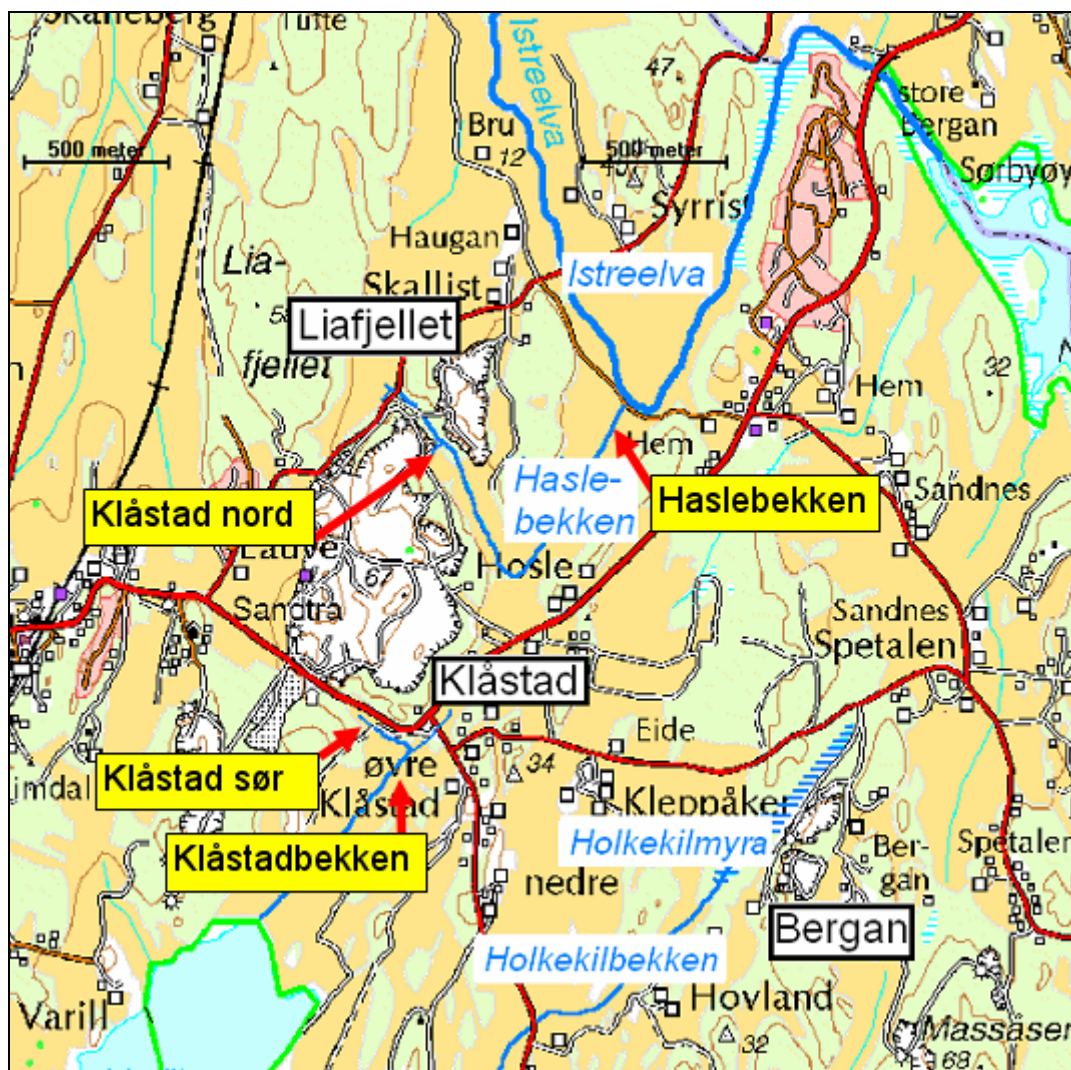
2. Prøvesteder

Prøvestedene er gitt i **Tabell 1** og **Figur 1**, **Figur 2** og **Figur 3**.

Tabell 1. Prøvesteder der avrenningsvannet har vært testet for fosforinnholdets algetilgjengelighet. Prøver fra 30. april 2007 og 20. august 2007.

| Prøvetakingssted | Lokalitetsbeskrivelse | Område |
|------------------------|---|-------------|
| Klåstad Sør | Utslipp mot Klåstadbekken (sør) | Tjølling |
| Klåstad Nord | Utslipp mot Hoslebekken (nord) | Tjølling |
| Klåstadbekken | Nedstrøms samløpet mellom utslippsbekken og Klåstadbekken | Tjølling |
| Haslebekken | Nederst ved utløpet i Istreelva | Tjølling |
| Eikedalsbekken | Nederst ved utløpet i Hallevannet | Hallevannet |
| Saga Pearl Øst | Nederst ved utløpet i Hallevannet | Hallevannet |
| Innløp Bålsrudtjern | Der bekken krysser Tveidalsvegen | Tveidalen |
| Utløp Bjørndalen | Bekken ned mot Tveidalen | Tveidalen |
| Utløp Hauane | Der bekken krysser Tveidalsvegen | Tveidalen |
| Tveidalsbekken nederst | Nedstrøms alle utløp fra Steinbrudd | Tveidalen |

Prøvestedene i Tjølling er vist i **Figur 1**. Stasjonen Klåstad Nord og Klåstad Sør er for rene utslipp å regne. Det er tatt prøver av vann som pumpes ut fra bruddene. Klåstadbekken og Haslebekken (også kalt Hoslebekken) er resipientbekker. Haslebekken renner ganske stri ned til svingen ved Hosle hvorefter den renner meget sakte over det flate jordbruksområdet bort til Istreelva. Her er bekken nærmest gjengrodd av gras og sumpvegetasjon. Klåstadbekken renner flatt ned mot Viksfjorden. Viksfjorden er avsperrert fra jordet med et dike (voll) for å hindre høyvann å komme inn på jordet. Vann fra Klåstadbekken pumpes over vollen ved hjelp av en nivåbryter-styrt pumpe. Sjø-ørret fra Viksfjorden kan således ikke gå opp i Klåstadbekken for å gyte.



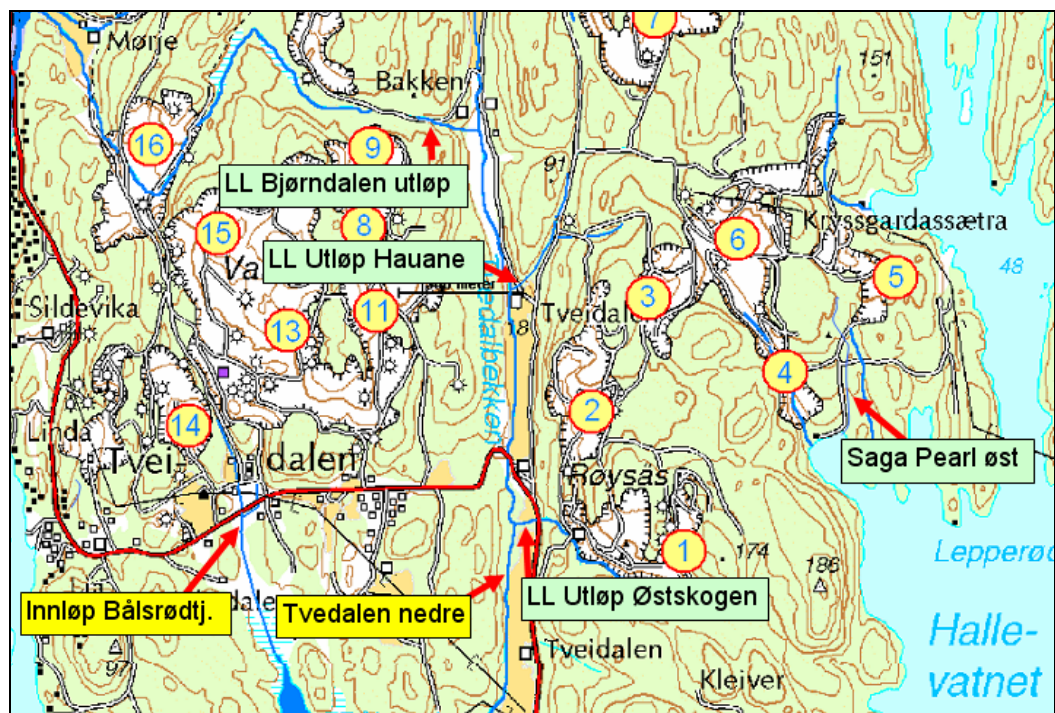
Figur 1. Prøvetakingsstasjoner for testing av biotilgjengelig fosfor fra Klåstadbruddet i Tjølling

Prøvetakingsstasjonen i Eikedalsbekken er vist i **Figur 2**. Bekken renner gjennom en høy og mørk skog det meste av strekningen. Stasjonen ligger ganske langt nedstrøms (flere km) bruddvirksomheten i Malerødområdet, slik at det er nokså lav turbiditet i vannet, både som følge av fortykning og sedimentasjon.

Stasjonene hvor det ble tatt prøver for testing av algetilgjengelig fosfor i Tveidalsområdet, er vist i **Figur 3**.



Figur 2. Prøvetakingsstasjon i Eikedalsbekken for å teste biotilgjengelig fosfor fra bruddene i Malerødområdet



Figur 3. Prøvetakingssteder i Tveidalsområdet for å teste biotilgjengelighet av fosfor i avrenningen fra Steinbruddsvirksomheten.

3. Metodikk

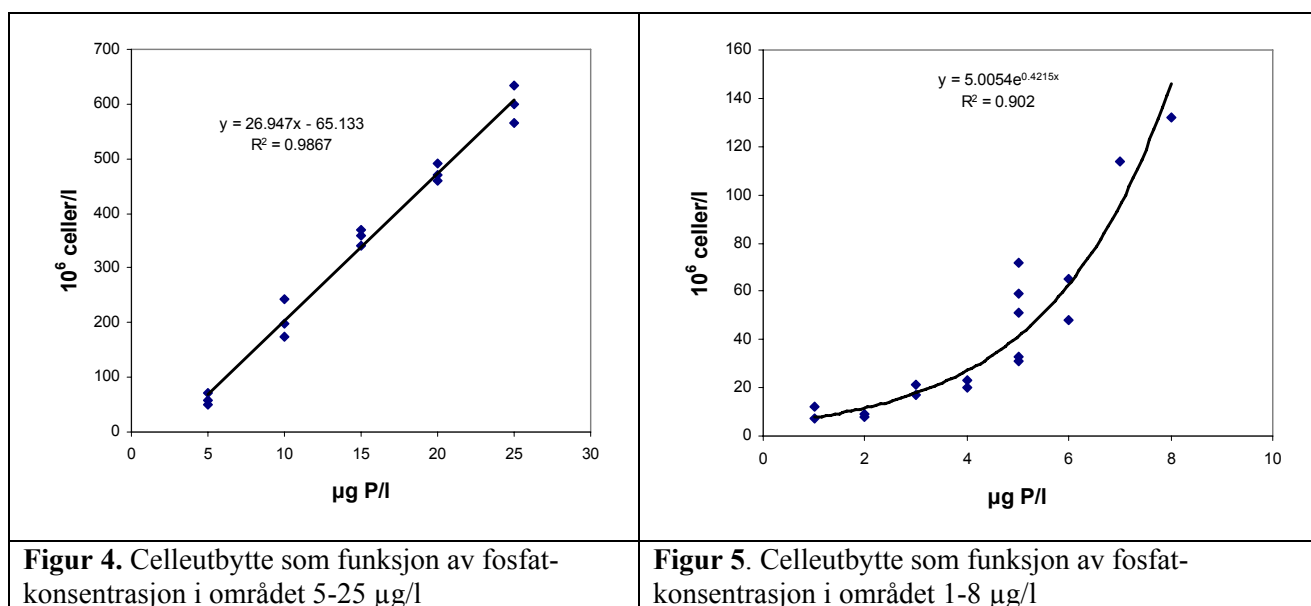
Vannprøvene ble pasteurisert ved oppvarming til 60 °C for å drepe eventuelle naturlig forekommende alger. Etter avkjøling ble det tilsatt en næringsløsning uten fosfor (10 % Z8-P) og prøvene ble podet med 10^6 celler /l av grønnalgen *Pseudokirchneriella subcapitata* fra en P-begrenset kultur. Kulturene ble inkubert på et rystebord under kontinuerlig belysning ved 20 °C. Veksten av alger i kulturene ble målt ved telling med en elektronisk partikkelteller (Coulter Multisizer). Partiklene i vannet var så små at de interfererte ubetydelig med celletellingene i de fleste prøvene, men i prøvene med størst innhold av partikler måtte algetellingene utføres manuelt i tellekammer under mikroskop. Veksten ble fulgt til økningen i celletetthet stoppet som følge av P-begrensning (etter ca. 10 døgn). Alle tester ble utført med tre replikater.

I forbindelse med testen av vannprøvene ble det også gjort tester med løsninger av ortofosfat i det samme vekstmediet (10 % Z8-P) for å kalibrere biotesten. Ortofosfat er den naturlige P-kilden for alger og regnes som 100 % biotilgjengelig.

4. Resultater og diskusjon

4.1 Kalibrering av testen med ortofosfat.

Biotestene med løsninger av ortofosfat viste at celleutbyttet var proporsjonalt med konsentrasjonen av fosfat-P i området 5-25 µg/l (Se **Figur 4**). I dette området økte celleutbyttet med ca. 27×10^6 celler for hver µg P. Det fremgår imidlertid av figuren at den lineære funksjonen ikke ender opp i nullpunktet (origo). Tester med en serie av fosfat-konsentrasjoner fra 1-8 µg/l viste at celleutbyttet i dette området ikke øker lineært med P-konsentrasjonen. I stedet beskrives celleutbyttet her best med en eksponentiell funksjon som vist i **Figur 5**.



I testene av vannprøver fra Larvik ble de to funksjonene vist i **Figur 4** og **Figur 5** brukt til å beregne konsentrasjonen av biotilgjengelig P i prøvene. Den lineære funksjonen ble brukt når celleutbyttet var $>150 \times 10^6$ celler/l og den eksponentielle funksjonen når celleutbyttet var $<150 \times 10^6$ celler/l.

4.2 Biotilgjengeligheten til fosforet i det testede avrenningsvannet

Resultatene av biotestene er sammenstilt i **Tabell 2** og **Tabell 3**. Her er også konsentrasjonen av biologisk tilgjengelig P (Bio-P) beregnet som prosent av total-P bestemt ved kjemisk analyse.

Tabell 2. Analyse av total fosfor og algetilgjengelig fosfor i prøver fra 30.april 2007.

| Prøve | Total fosfor µg P/l | Algetilgjengelig fosfor µg P/l | Algetilgjengelig fosfor som % av tot-P |
|----------------------|------------------------|-----------------------------------|---|
| Saga Pearl Øst | 11 | 0.25 | 2.32 |
| Eikedalsbekken | 10 | 0.22 | 2.24 |
| Haslebekken | 137 | 0.65 | 0.48 |
| Innløp Bålsrudtjern | 71 | 0.43 | 0.61 |
| Klåstadbekken | 580 | 1.08 | 0.19 |
| Utløp Bjørndalen | 97 | 0.56 | 0.58 |
| Utløp Hauane | 194 | 0.56 | 0.29 |
| Tveidalsbekk nederst | 100 | 0.56 | 0.56 |
| Klåstad sør | 944 | 0.53 | 0.06 |
| Klåstad nord | 3980 | 5.25 | 0.13 |

Tabell 3. Analyse av total fosfor og algetilgjengelig fosfor i prøver fra 20.august 2007.

| Prøve | Total fosfor µg P/l | Algetilgjengelig fosfor µg P/l | Algetilgjengelig fosfor som % av tot-P |
|----------------------|------------------------|-----------------------------------|---|
| Saga Pearl Øst | 61 | 6.20 | 10 |
| Eikedalsbekken | 27 | 5.10 | 19 |
| Haslebekken | 244 | 22.3 | 9 |
| Innløp Bålsrudtjern | 292 | 10.20 | 3 |
| Klåstadbekken | 760 | 22.60 | 3 |
| Utløp Bjørndalen | 51 | 10.10 | 20 |
| Utløp Hauane | 66 | 6.80 | 10 |
| Tveidalsbekk nederst | 63 | 6.90 | 11 |
| Klåstad sør | 372 | 6.80 | 2 |
| Klåstad nord | 3820 | 25.30 | 1 |

Resultatene fra vårprøvene viste at fosforet i avrenningen fra bruddene på det tidspunktet var svært lite tilgjengelig for algevekst. Sommerprøvene som ble samlet inn 20. august 2007 var mye mer tilgjengelig. Hvorfor det var så stor forskjell mellom aprilprøvene og augustprøvene, har vi ingen god forklaring på. Det er først og fremst i aprilprøvene at biotilgjengeligheten av fosforet er bemerkelsesverdig lavt. Resultatene fra augustprøvene var i tråd med det vi kunne forvente, bl.a. ut fra erfaring fra isbreavrenning. Det ble kjørt 3 replikater ved hver test, slik at det er utelukket at analysefeil kan gi denne forskjellen. Det kan tenkes at det kanskje kan ha vært noe galt med næringsløsningen (Z8-P) som tilsettes prøvene for å gi overskudd av andre næringsstoffer. Dette er et innkjøpt kommersielt produkt som vi har god erfaring med, og som det ikke er vanlig å sjekke.

Ved begge datoer har Saga Pearl Øst og Eikedalsbekken relativt høy tilgjengelighet. I sommerprøvene har prøvene fra Tveidalsområdet også betydelig høyere tilgjengelighet enn prøvene fra Tjølling. Dette kan ha sammenheng med at de to variantene av larvikitten har en noe forskjellig type fosforbinding, men det kan også ha sammenheng med at prøvene i ulik grad er påvirket av annen overflateforurensning.

For sammenlikningens skyld har vi i **Tabell 4** ført opp resultater fra en undersøkelse vi hadde for SFT for en del år siden der biotilgjengeligheten ble testet med samme metodikk. Denne undersøkelsen var hovedsaklig rettet mot å belyse algetilgjengeligheten til fosforet som kom fra erosjonsavrenning fra korndyrkingsarealene på Østlandet. Basert på et stort antall prøver ble den midlere algetilgjengeligheten fra dette materialet bestemt til 37 %. Denne avrenningen ble testet mot ulike andre klassiske forurensningstilførsler, samt på "ugjødset" erosjonsmateriale ut fra isbreer. Avrenningen fra isbreer (to stk.) ble funnet å ha fosfor med ca 20 % tilgjengelighet.

Sammenlikner man biotilgjengeligheten fra de to studiene, ser man avrenningen fra Larvikittbruddene er mye mindre tilgjengelig for algevekst (0,8 % tilgjengelig i aprilprøvene og 8,8 % i augustprøvene) enn f.eks. erosjonsavrenning fra landbruksarealer. Dette er ikke så rart da landbruksjorda har vært gjødset med kunstgjødset i mer enn 50 år, og har hvert år blitt tilført langt mer fosfor enn det som fjernes med avlingen. Det har således bygget seg opp en adsorbert fosforreserve i jorda, som frigis lettere når jordsmonnet kommer ut i vann, enn fosforet knyttet til steinbruddsavrenningen. Algetilgjengeligheten av fosfor fra steinbruddene var faktisk mindre enn i det slamførende vannet fra isbreen Hardangerjøkulen.

Tabell 4. Gjennomsnittlig algetilgjengelighet av fosfor fra ulike kilder bestemt ved vekstforsøk med *Pseudokirchneriella subcapitata* (Berge og Källqvist 1990)

| Forurensningskilde | Algetilgjengelig fosfor som % av tot-P |
|---|--|
| Erosjonsavrenning fra korndyrkingsarealer (grumset vann fra jorder på Romerike) | 37 |
| Høstflomavrenning fra jorder med høstspredd naturgjødset | 63 |
| Erosjonsavrenning fra isbre (2 bekker ut fra Hardangerjøkulen) | 20 |
| Sig fra gjødsetkjellere | 70 |
| Lekkasje fra silo | 59 |
| Urenset kloakk | 60 |
| Kjemisk rensset kloakk | 35 |
| Sandfilterrenset kloakkavrenning | 95 |
| Tøyvaskemidler | 76 |

I studien til Berge og Källqvist fra 1990, ble de samme avrenningene også testet i meso-økosystem skala for å se om utsedimentering vil redusere biotilgjengeligheten i forhold til det man fant i laboratoriet. Innsjøer ble simulert med innhegninger bestående av 4,5 m dype 20 m³ plastposer flytende i en innsjø. Disse ble fylt opp med innsjøvann med alle de alger som finnes der. Bekker ble simulert ved hjelp av renner ned tegl-fliser som bunnstein. Rennene fikk en vannføring på 20 cm/sekund med vann fra strandsonen fra en innsjø, og ble etablert med alger som vokste på steinene i strandsonen i denne. Til både de kunstige innsjøene og de kunstige bekkene ble det tilsatt en mengde av de ulike forurensningene i tabellen over. Biotilgjengeligheten til de partikulære tilførslene som erosjonsmateriale fra jorder og isbreer ble redusert betydelig i innsjøene, som følge av utsedimentering. Biotilgjengeligheten av fosforet de andre mer løste kildene ble redusert i mye mindre grad. Også i de kunstige bekkene avtok tilgjengeligheten av de partikulære forurensningene sammenliknet med laboratorieresultatene, men i mindre grad enn i de kunstige innsjøene.

Når det gjelder det partikulære materialet fra larvikittbruddene så inneholder det ganske mye fosfor, men dette fosforet har liten tilgjengelighet sammenliknet med andre klassiske forurensningskilder. På den annen side er dette materialet så finkornet at det holdes svevende i vannmassene mye lenger enn for eksempel erosjonsmateriale fra landbruksarealer. Dette ses bl.a. i at Bålsrudtjernet og Torpovannet er turbide store deler av sommeren, og først etter lengre tørrvårsperioder klarner de opp.

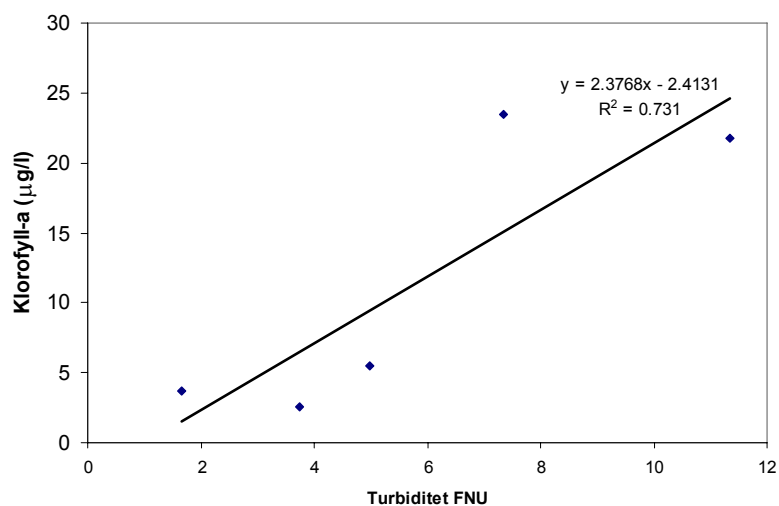
I **Tabell 5** vises gjennomsnittlig algemengde målt som klorofyll-a og gjennomsnittlig turbiditet i overflatevannet (0-2m) i de angitte innsjøer. Hallevannet er holdt utenom da algemengden der ble målt i sjiktet 0-4 og 0-6 m dyp, samt at den innsjøen var svært lite påvirket av steinbruddspartikler i vannmassene.

Rekkefølgen på innsjøene er sortert etter midlere turbiditet i prøvene (sonde-målingene i felt er ikke inkludert). Rekkefølgen stemmer overens med det visuelle inntrykket man får av graden av steinstøvpåvirkning i de ulike innsjøene. Både av tabellen og av regressjonsfiguren ser man at det er en god samvariasjon mellom turbiditet og algemengde. Dette er imidlertid ikke noe direkte bevis for at det er steinbruddspartiklene som er ansvarlig for algeveksten, da algene i seg selv er partikler som gir turbiditet i vannet. Dessuten er både Bålsrudtjern, Mørjetjern og Torpovannet også påvirket av avrenning fra landbruk og sanitærløp, samt at de ligger i marine næringsrike avsetninger. Dette siste ses bl.a. på de store beltene av takrør og dunkjevler, og annen næringskrevende sumpvegetasjon som omkranser innsjøene. Imidlertid er den gode sammenhengen en indikasjon på at avrenningen kan underholde en viss algevekst selv om tilgjengeligheten er lav. Dette kan ha sammenheng med at det fine steinstøvmaterialet holdes svevende svært lenge i vannmassene (mange uker), slik at algene får god tid til å utnytte selv mer tungt tilgjengelig fosfor.

Algemengden i innsjøene, og hva som er årsaken til variasjonene innsjøene i mellom, vil bli analysert mer inngående i sluttrapporten til prosjektet som kommer om ca ett år, og hvor man har fått data fra en feltsesong til.

Tabell 5. Midlere algemengde og turbiditet i småvannene som er med i undersøkelsen. Paulertjern nord er upåvirket av steinbruddsavrenning.

| Innsjø | Turbiditet FNU | Klorofyll-a µg/l |
|------------------|-------------------|---------------------|
| Paulertjern nord | 1.7 | 3.7 |
| Paulertjern syd | 3.8 | 2.6 |
| Torpovannet | 5.0 | 5.5 |
| Mørjetjern | 7.4 | 23.5 |
| Bålsrudtjern | 11.4 | 21.8 |



Figur 6. Regressjonsanalysen (samvariasjon) mellom klorofyll-a (algemengde) og turbiditet i innsjøene gitt i tabell 5.

5. Litteratur

Berge, D. og T. Källqvist, 1990: Biotilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning sammenliknet med andre forurensningskilder. Sluttrapport., NIVA rapport Lnr 2367, 130 sider.

Berge, D. 2006 Program: Undersøkelse av Vannkvalitet og Økologiske forhold i Vannresipientene til Larvikittbruddene i Brunlanes og Tjølling., Revidert etter møte 29.06.2006. NIVA 30.06.2006, 32 sider

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnærmingssmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no